

## Список литературы

1. Ржеусский С.Э., Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Нанодиагностика и антимикробные свойства наночастиц меди // Вестник фармации, 2014. – №3(65). – С.62–68.
2. Silver S., Plung L.T., Silver G. Silver as biocides in burn and wound dressings and bacterial resistance to silver compounds // J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 2007. – V.33. – №7. – P.627–634.
3. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии химии. Поверхностные и дисперсные системы. – М.: Химия, 1989. – 464с.

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПЕНОСТЕКЛО С ПОКРЫТИЕМ

М.Р. Каймонов, К.В. Дорожкин

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [snoormax01@yandex.ru](mailto:snoormax01@yandex.ru)

Крайне высокочастотное электромагнитное излучение – это миллиметровые электромагнитные волны, с частотой от 3 до 300 ГГц, источниками которых являются излучающие объекты, заряженные частицы, антенны, колебательные контуры и др.

При работе КВЧ-радиоэлектронных устройств электромагнитные волны создают значительные помехи, снижают точность измерений и электромагнитную совместимость аппаратуры. Высокочастотное излучение в большом количестве негативно влияет не только на работу различных устройств, но и непосредственно на человека. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на разработку экологичных и легковесных радиопоглощающих материалов, эффективных в высокочастотном диапазоне. К таким материалам относится пеностекло, данный материал обладает способностью снижать уровень отраженного и прошедшего электромагнитного излучения [1] в сочетании с комплексом высоких теплотехнических характеристик, негорючестью, влагостойкостью и долговечностью [2, 3]. В тоже время пеностекло уступает по эффективности радиопоглощения некоторым видам поглотителей, поэтому ведутся работы по модификации пеностекла путем введения в его состав различных добавок для улучшения данных свойств, особенно в крайне высокочастотной области (свыше 100 ГГц), которая относится к малоизученной.

Цель работы – провести измерения электромагнитного отклика от плоских образцов пеностекла, модифицированных многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ), и установить влияние электромагнитного излучения на

радиопоглощающие характеристики модифицированного пеностекла в диапазоне частот 120–260 ГГц.

Выбор МУНТ в качестве модифицирующей добавки обусловлен известными свойствами нанотрубок: прочность, гибкость, проводимость. Данные свойства обеспечивает каркасная структура материала. При взаимодействии электромагнитной волны с МУНТ она равномерно распределяется по всей поверхности материала.

В работе использованы МУНТ с удельной поверхностью 300 м<sup>2</sup>/г и диаметром 10 нм, синтезированные в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск), МУНТ вводились путем нанесения на пеностекло покрытия, содержащего трубки в количестве 0,5 мас.%. Объектом исследования выбрано промышленное блочное пеностекло, полученное с использованием сажи. Измерения коэффициентов отражения, прохождения и поглощения образцов проводились на спектрометре терагерцового диапазона СТД-21 «Центра радиоизмерений ТГУ».

Композиция для покрытия готовилась на основе жидкого стекла с добавлением определенных компонентов. Для равномерности распределения трубок в покрытии использована ультразвуковая ванна. Продолжительность ультразвуковой обработки определялась экспериментальным путем и составила 20 минут. Гелеобразная композиция наносилась на образцы пеностекла тонким слоем, с последующей сушкой при комнатной температуре.

По результатам исследования электромагнитных характеристик образцов пеностекла в зависимости от частоты излучения установлено следующее. Максимальное значение коэффи-

коэффициента поглощения имеет образец с покрытием (0,98 от. ед.), причем коэффициент не изменяется во всем исследуемом диапазоне частот, в отличие от пеностекла без покрытия. Для образца с покрытием коэффициент поглощения увеличился в 4,75 раз на частоте 120 ГГц и в 1,75 раз на частоте 260 ГГц, а коэффициент прохождения уменьшился в 78 раз на частоте 120 ГГц и в 42 раз на частоте 260 ГГц.

### Список литературы

1. Суляев В.И., Казьмина О.В., Семухин Б.С., и др. // *Известия высших учебных заведений. Физика*, 2012. – Т.55. – №9/2. – С.312–314.
2. Bernardo Enrico, Scarinci Giovanni, Hreglich Sandro // *Glass Sci. and Technol.: International Journal of the German Society of Glass Technology (DGG)*, 2005. – №1. – С.7–11.
3. Wu J.P., Boccaccini A.R., Lee P.D., Rawlings R.D. // *European Journal of Glass Science and Technology, Part A Glass Technology*, 2007. – V.48(3). – С.133–141.

## ПОЛУЧЕНИЕ УПРОЧНЕННОЙ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ С ПРОНИЦАЕМОМИ ПОРАМИ

К.С. Камышная

Научный руководитель – д.т.н, профессор Т.А. Хабас

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ksenia@tpu.ru

Перспективность использования пористой керамики доказана многими исследованиями [1]. Такой тип керамики применяется в различных отраслях промышленности. Особую роль играет керамика на основе оксидов  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$  за счет сочетания физико-химических свойств. Для получения пористой керамики на основе данных оксидов используют различные методы [1, 2]. Но наиболее простым и доступным методом является метод выгорающей добавки. Варьируя тип выгорающей добавки можно регулировать и морфологию будущих пор.

Целью исследования являлось получение пористой упрочненной керамики на основе оксидов системы  $Al_2O_3$ – $ZrO_2$  с проникаемыми порами методом кристаллизации выгорающей добавки в суспензии. Для получения данного материала использовался порошок оксида алюминия ( $d_{cp}=1,2$  мкм) и порошок оксида циркония различной дисперсности ( $d_{cp}=0,23$  мкм и  $d_{cp}=60$  нм). Смесь оксидных порошков получали путем смешивания оксида алюминия и оксида циркония в мини-мельнице. Для получения упрочненной керамики были приготовлены 4 смеси с различным соотношением микронного и нанопорошка оксида циркония. Составы смесей

представлены в таблице 1.

В качестве порообразующей добавки использовался карбамид. Использование карбамида обусловлено образованием кристаллов в виде тонких игл при его кристаллизации, а также сгоранием без остатка при спекании керамического материала. Гранулы карбамида растворялись в воде ( $t=80^\circ C$ ) до получения насыщенного раствора. В полученный раствор добавлялась оксидная смесь до получения текучего шликера. Для предотвращения охлаждения шликера, и роста кристаллов карбамида, температура полученного шликера поддерживалась на уровне  $60^\circ C$ . Часть шликера переливалась в формы, состоящие из металлического дна и полиуретановых стенок, после чего формы со шликером сразу охлаждались. Вторая часть шликера, также переливалась в формы, после чего проводилось вакуумирование горячего шликера для удаления пузырьков воздуха, а также для получения более вытянутых кристаллов карбамида. Затем, формы со шликером охлаждались. Охлаждение форм и, как следствие, рост кристаллов карбамида из суспензии (шликера) регулировались за счет строения формы (различной теплопроводности стенок и дна формы). Форма помещалась